

## ОСОБЕННОСТИ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ИНЖИНИРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ

Д.А. Андреев, М.В. Воронов

Псковский государственный университет

Псков

По мере перехода к обществу, построенному на знаниях, информационное пространство начинает стремительно прирастать так называемыми технологическими знаниями, основным предназначением которых является обеспечение предметно-практической деятельности каждого человека, направленной на преобразование окружающей его действительности [1]. В то же время сведения о технологиях необходимо фиксировать в удобном виде для машинной обработки, что обычно достигается с помощью специализированных математических методов. Анализ же существующих подходов к этой проблеме показывает их недостаточную развитость и законченность. Данное обстоятельство является сдерживающим фактором организации полномасштабного оперирования технологическими знаниями средствами современной информационно-коммуникационной и вычислительной техники. Ряд исследований последнего времени указывают на целесообразность использования аппарата онтологического моделирования знаний в целях построения формализованного описания технологий, поскольку инструментарий данного аппарата является наиболее пригодным для машинного манипулирования знаниями о технологиях [2]. Однако наиболее существенным недостатком уже достигнутых здесь результатов является слабая проработанность формальных механизмов прикладного уровня описания технологий, в части представления их декомпозиционных структур, что выражается в отсутствии факта рассмотрения элемента деятельности в качестве целостной концептуальной единицы (концепта) и в замещении аксиоматической составляющей при формировании исходных онтологических моделей возможностями современных графических нотаций (языков), используемых в соответствующих программных редакторах. В этой связи представляются весьма актуальными следующие задачи:

- разработка структурной модели элемента деятельности в виде модели концепта технологического действия, семантика и взаимосвязи которого определяются исходя из его целостной сущности;
- разработка онтологической модели формализованного описания технологии прикладной области знаний, располагающей набором аксиоматических свойств, на основе которых в дальнейшем возможна выработка теоретических основ для однозначного построения автоматизированных систем накопления технологических знаний.

В основу предлагаемой структурной модели элемента деятельности в виде модели концепта технологического действия произвольного уровня декомпозиционной структуры технологии (рис. 1) положены базовые принципы общей теории технологий [3] и сущностные аспекты действия как лингвистической категории знаний [4]:

$$TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} = \langle TP_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}, Y_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}, X_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} / W_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}, H_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} \rangle \quad (1), \quad \text{где}$$

$TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  – концепт технологического действия, представляющий собой элемент деятельности;

$TP_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  – технологический процесс, представляющий собой ядро концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$ , которое обычно идентифицируется глагольной формой;

$Y_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  – множество результирующих компонентов концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$ , посредством которых происходит целевая установка ядра  $TP_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$ ;

$X_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  – множество исходных компонентов концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$ , с их помощью производится настройка предметной ориентации ядра  $TP_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$ ;

$W_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  – множество инвариантных компонентов концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$ , посредством которых определяются условия реализации ядра  $TP_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$ ;

$H_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  – множество количественных характеристик концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$ , представляемое в виде вектора с упорядоченными позициями для ядра  $TP_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$ .

Четвёрку вида  $\langle X_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}, Y_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}, W_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}, H_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} \rangle$  будем называть «расширенной внешней границей» концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$ .

Важно отметить, что концепт  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  является «полностью сформированным», если каждое из множеств, определяющих его структуру, является не пустым. В то же время концепт  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  может быть «предварительно сформированным», при этом каждое из множеств, определяющих его структуру, обязано быть определено следующим образом:

$$\forall TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} (TP_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} \neq \emptyset, Y_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} \neq \emptyset, \\ X_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} = \emptyset, W_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} = \emptyset, H_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} = \emptyset)$$

Количество позиций  $(\alpha, \beta, \dots, \lambda, \mu)$  в индексе  $(\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r)$  концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  отражает уровень декомпозиционной структуры технологии, на котором располагается данный концепт  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$ . Индекс  $(\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r)$  концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  представляет собой упорядоченную, вполне определённую, последовательность натуральных чисел. Порядок формирования данной индексной последовательности заключается в следующем: значению  $\alpha_i$  позиции  $\alpha$  ставится в соответствие значение  $\beta_j$  позиции  $\beta$  и т.д. вплоть до значения  $\lambda_m$  позиции  $\lambda$ , которой ставится в соответствие значение  $\mu_r$  позиции  $\mu$ , где  $\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r \in N$ . Таким образом, конкретные значения каждой позиции однозначно определяют место концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  в декомпозиционной структуре технологии.

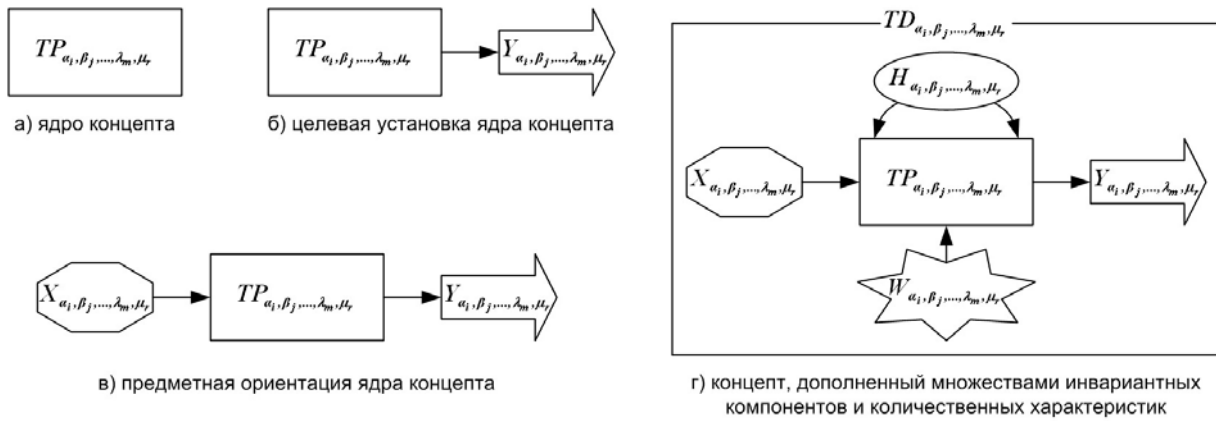


Рис. 1. Структурная модель концепта технологического действия

В целях описания взаимосвязей концептов, образующих декомпозиционную структуру технологии, предлагается следующая онтологическая модель формализованного описания технологии прикладной области знаний [5]:

$$Ont_{Tech} = \langle TD, P, F \rangle \quad (3)$$

где

$TD$  – множество концептов технологических действий;

$P$  – отношение непосредственного предшествования (внутриуровневое отношение);

$F$  – отношение «часть-целое» (межуровневое отношение).

Полностью сформированный концепт  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  уровня декомпозиции  $(\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r)$  находится в отношении непосредственного предшествования  $P$  с полностью сформированным концептом  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_s}$  того же уровня декомпозиции  $(\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_s)$ , если множество результирующих компонентов  $Y_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  расширенной внешней границы полностью сформированного концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  является подмножеством множества исходных компонентов  $X_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_s}$  расширенной внешней границы полностью сформированного концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_s}$ :

$$\forall TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} \forall TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_s} (Y_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} \subseteq X_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_s} \Rightarrow TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} P TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_s})$$

Полностью сформированный концепт  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  уровня декомпозиции  $(\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r)$  находится в отношении «часть-целое»  $F$  с полностью сформированным концептом  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \eta_l, \lambda_m}$  уровня де-

композиции  $(\alpha_i, \beta_j, \dots, \eta_l, \lambda)$ , если расширенная внешняя граница полностью сформированного концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  в полном объёме или в усечённом варианте наследуется расширенной внешней границей предварительно сформированного концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \eta_l, \lambda_m}$ , что обуславливается участием исключительно всех или только некоторых множеств расширенной внешней границы сформированного концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  в образовании пустых множеств расширенной внешней границы предварительно сформированного концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \eta_l, \lambda_m}$ , при этом множества расширенной внешней границы сформированного концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$  будут являться собственными подмножествами соответствующих множеств расширенной внешней границы уже сформированного концепта  $TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \eta_l, \lambda_m}$ :

$$\forall TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} \forall TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \eta_l, \lambda_m} ( \langle X_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}, Y_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}, W_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}, H_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} \rangle \subset \subset \langle X_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \eta_l, \lambda_m}, Y_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \eta_l, \lambda_m}, W_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \eta_l, \lambda_m}, H_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \eta_l, \lambda_m} \rangle \Rightarrow TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} F TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \eta_l, \lambda_m} )$$

В целях обеспечения возможности автоматизированного построения формализованного описания технологии прикладной области знаний, предлагаемая онтологическая модель должна обладать рядом следующих аксиоматических свойств.

1. Каждое из множеств, определяющих структуру полностью сформированного концепта произвольного уровня декомпозиции, является уникальным:

$$\forall TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} \exists! TP_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} \exists! X_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} \exists! Y_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} \exists! W_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} \exists! H_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r}$$

2. Множества исходных и результирующих компонентов расширенной внешней границы полностью сформированного концепта произвольного уровня декомпозиции не пересекаются:

$$\forall TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} ( X_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} \cap Y_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_r} = \emptyset )$$

3. Множество результирующих компонентов предварительно сформированного целостного концепта является равным объединению множеств результирующих компонентов предварительно сформированных частных концептов, что служит признаком определения ядра предварительно сформированного целостного концепта в виде совокупности ядер предварительно сформированных частных концептов:

$$\exists TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \eta_l, \lambda_m} \exists \bigcup_{\mu} TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu} ( Y_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \eta_l, \lambda_m} = \bigcup_{\mu} Y_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu} \Rightarrow TP_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \eta_l, \lambda_m} = \bigcup_{\mu} TP_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu} )$$

4. Объединение множеств результирующих компонентов у полностью сформированных концептов одного уровня декомпозиции, каждый из которых находится в отношении непосредственного предшествования с одним и тем же полностью сформированным концептом того же уровня декомпозиции, является равным множеству исходных компонентов данного полностью сформированного концепта:

$$\exists \bigcup_{k=1}^n TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_{r_k}} \exists TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_s} ( \forall \bigcup_{k=1}^n TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_{r_k}} P TD_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_s} \Rightarrow \Rightarrow \bigcup_{k=1}^n Y_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_{r_k}} = X_{\alpha_i, \beta_j, \dots, \lambda_m, \mu_s} )$$

Приведённого набора аксиоматических свойств будет вполне достаточным для выработки и доказательства основополагающих принципов построения онтологических систем формализованного описания технологий, обеспечивающих решения поставленных задач.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шумилкин Н. Н. Методология технологического знания // Теория и практика общественного развития. 2011. № 2. С. 161—167.
2. Андреев Д.А., Воронов М.В. Процедурный механизм конструирования онтологических представлений декомпозиционных структур технологий // Интернет и современное общество: Сборник тезисов докладов XV Всероссийской объединённой конференции. СПб., 2012. С. 37—40.
3. Романенко В. Н. Принципы общей теории технологий. СПб.: СПбГАСУ, 1994. 52 с.
4. Ким И. Е. Контролируемость действия: сущность и структура // Лингвистический сборник Сибири. 1999. Вып. 1. С. 19—31.
5. Андреев Д.А., Воронов М.В. Метод построения онтологии технологических действий // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2012. № 3 (67). С. 160—168.